

**ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ РАБОТЫ ТРАКТОРА К-424 (КИРЮША)  
В СОСТАВЕ ПАХОТНОГО АГРЕГАТА В УСЛОВИЯХ  
АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

**Мардарьев С.Н., Акимов А.П., Медведев В.И., Зайцев П.В., Казаков Ю.Ф.,  
Юнусов Г.С., Ларкин С.В.**

**Реферат.** В работе предложен метод расчета оптимальных параметров почвообрабатывающих агрегатов. В частности, приводятся оптимальные параметры работы нового трактора российского производства К-424 «Кирюша» в условиях адаптивно-ландшафтного земледелия. Как известно, при изучении приемов повышения эффективности работы пахотных агрегатов необходимо рассмотреть почву как объект механической обработки, которая характеризуется по твердости, механическому составу, удельному сопротивлению, липкости, пластичности, влажности, сопротивлению различным деформациям, коэффициентам внешнего и внутреннего трений, каменистости и т.д. Многими исследователями установлено, что одним из основных факторов, влияющих на технологический процесс обработки почвы, является ее твердость. Пространственную изменчивость твердости почвы поля можно представить в виде статистических характеристик или путем картирования в изолиниях. Метод представления пространственной изменчивости твердости почвы статистическим методом заключается в установлении твердости почвы как случайной величины. Этот метод имеет ряд недостатков, так как требуется многократно измерять изучаемые величины в одних и тех же точках поля, что не всегда возможно. Поэтому целесообразно пространственную изменчивость твердости почвы поля представлять в форме карт, содержащих изолинии твердости почвы. Таким образом, анализ исследований работы пахотных агрегатов показал, что наиболее обобщенная связь между оценочными показателями и условиями функционирования проявляется в их потенциальных эксплуатационных характеристиках (ПЭХ). ПЭХ объединяют потенциальные тяговые и эксплуатационные характеристики тракторов и применительно к агрегату представляют из себя кривые изменения производительности и удельного расхода топлива в зависимости от отдельных параметров его работы.

**Ключевые слова:** твердость почвы, модель функционирования МТА, потенциально-эксплуатационная характеристика, производительность, удельные энергозатраты.

**Введение.** В 90-х годах прошлого столетия российское тракторостроение переживало не лучшие времена. После распада СССР на территории России осталось девять тракторных заводов. Из них пять, производящих трактора сельскохозяйственного назначения. Полный развал сельского хозяйства привел к тому, что предприятия закрывались, новые трактора не производились. Соответственно, на полях страны трудились машины, которые выпускались ещё в СССР. Пустующую нишу рынка заполнили трактора китайского и европейского производства: первые привлекали внимание доступной ценой, вторые – высоким качеством и производительностью. Лишь с начала 2000 года, отечественное тракторостроение стало постепенно возрождаться, начали разрабатываться новые модели, не уступающие западным аналогам по мощности и эксплуатационным характеристикам. При этом российские машины не требовательны к качеству топлива и способны без потери производительности работать в сложных климатических условиях. На современном этапе тракторостроение перешло на новый этап развития. Разрабатываются и серийно выпускаются трактора с бесступенчатой трансмиссией. Так, одним из последних разработок Питерского

тракторного завода, запущенная в серийное производство в августе 2017 года, стал трактор К-424.

Трактор К-424 «Кирюша» – высокопроизводительный трактор, весьма компактный, маневренный и динамичный. Данный трактор занимает перспективную нишу на рынке агротехники, и призван повторить успех легендарного трактора Т-150К, который выпускался во времена СССР. Так, рассматриваемая модель, несмотря на свои компактные габариты, может использоваться и в крупном сельском и лесном хозяйстве. Техника востребована у крупных землевладельцев и агрохолдингов. К-424 «Кирюша» пользуется высоким спросом у государственных заказчиков и частных коммерческих структур. Это весьма доступный и функциональный трактор с хорошей ремонтпригодностью, доступными запчастями и удобным сервисным обслуживанием. Модель К-424 «Кирюша» стала весьма популярной и в поисково-спасательных операциях. В сельском хозяйстве «Кирюша» эффективно справляется с вспашкой, культивацией, боронованием, дискованием, чизелеванием и обработкой целинного грунта, а также принимает активное участие в посеве зерновых и овощных культур. Данный трактор оборудован полно-

приводной трансмиссией и автоматической шестиступенчатой коробкой передач с блокировкой гидротрансформатора. Ведущие мосты имеют блокировку дифференциалов. Число передач составляет: переднего хода – шесть; заднего – три. Переключение передач на «К-424» – электрогидравлическое, без разрыва потока мощности как в автоматическом, так и в ручном режимах. [1]

Машинно-тракторные агрегаты, скомплектованные на базе таких тракторов, наиболее полно подвергаются адаптации по режиму работы к условиям функционирования, так как скорость движения у них изменяется в широком диапазоне без разрыва потока мощности, но большинство тракторов имеют классическую компоновку трансмиссии, то есть ступенчатую. В этом случае, оптимальный режим работы агрегата можно достичь путем изменения скорости движения в узком диапазоне в пределах передачи. [2]

**Условия, материалы и методы исследований.** Изменения оптимальных параметров работы пахотных агрегатов можно представить в виде графиков ПЭХ, которые представляют собой кривые изменения теоретической производительности  $W$  и удельного расхода топлива  $q$ , в зависимости от отдельных параметров и режимов их работы [3,4].

В общем случае теоретическая производительность ( $W$ , га/ч) определяется по формуле:

$$W = C_w B_k V_T, \quad (1)$$

где  $C_w$  – коэффициент размерности;  $B_k$  – конструктивная ширина захвата агрегата, м;  $V_T$  – скорость движения агрегата без учета буксования движителей трактора (теоретическая скорость), км/ч.

Конструктивная ширина захвата  $B_k$  определяется по формуле:

$$B_k = P_{крн} / K, \quad (2)$$

где  $P_{крн}$  – номинальное тяговое усилие трактора, кН;  $K$  – удельное сопротивление плуга, кН/м.

Теоретическую скорость  $V_T$  находят по формуле:

$$V_T = V_{рн} / K_б, \quad (3)$$

где  $V_{рн}$  – рабочая скорость движения агрегата при номинальном тяговом усилии, км/ч;  $K_б$  – коэффициент буксования движителей трактора.

Наибольшие значения  $W$  можно ожидать при изменении эксплуатационных параметров трактора по их огибающим кривым. Тогда рабочую скорость  $V_{рн}$  можно выразить через номинальное тяговое усилие трактора  $P_{крн}$  по огибающей кривой скорости полиномом второй степени [5]:

$$V_{рн} = a_v P_{крн}^2 + b_v P_{крн} + c_v, \quad (4)$$

где  $a_v$ ,  $b_v$  и  $c_v$  – коэффициенты уравнения регрессии.

Коэффициент буксования  $K_б$  определяется через тяговое усилие трактора  $P_{крн}$  по значениям буксования движителей трактора в виде уравнения регрессии:

$$K_б = a_б P_{крн}^2 + b_б P_{крн} + c_б, \quad (5)$$

где  $a_б$ ,  $b_б$  и  $c_б$  – коэффициенты уравнения регрессии.

Подставляя (4) и (5) в (3), получаем:

$$V_T = a_v P_{крн}^2 + b_v P_{крн} + c_v / a_б P_{крн}^2 + b_б P_{крн} + c_б. \quad (6)$$

Удельное сопротивление  $K$  для навесных орудий определяется:

$$K = k_0 h (s_0 + s_1 V_T) \eta_{кп} / \eta_{пл} + c P_{пл} l f_{тр}, \quad (7)$$

где  $k_0 = f(T_B)$  – удельное сопротивление корпуса плуга, кН/м<sup>2</sup>, зависит от твердости почвы;  $s_0$  и  $s_1$  – коэффициенты, учитывающие зависимость удельного сопротивления плуга от скорости ( $s_1 = c/m$ );  $h$  – глубина обработки, м;  $\eta_{кп}$  – КПД корпуса плуга;  $\eta_{пл}$  – КПД плуга;  $c$  – доля почвы на корпусах (при  $h=0,22$  м,  $c=1,2$ );  $P_{пл} = f(B_k)$  – вес плуга, приходящийся на единицу конструктивной ширины захвата, кН/м;  $l$  – коэффициент, учитывающий влияние догрузки трактора при работе с навесными плугами на сопротивление передвижению ( $l=0,75$ );  $f_{тр}$  – коэффициент сопротивления перекатывания трактора.

Нами, в результате проведенных экспериментальных исследований на разных типах почв, получена обобщенная зависимость, описывающая изменение удельного сопротивления корпуса плуга  $k_0$  от продольной твердости почвы  $T_{П}$ :

$$k_0 = a_{к0} T_{П}^2 + b_{к0} T_{П} + c_{к0}, \quad (8)$$

где  $a_{к0}$ ,  $b_{к0}$  и  $c_{к0}$  – коэффициенты уравнения регрессии.

Для связи между удельными сопротивлениями корпуса плуга  $K_{кп}$  и вертикальной твердостью почвы  $T_B$  необходимо установить зависимость между  $T_B$  и продольной твердостью  $T_{П}$  на разных типах почв. По результатам опытов нами предлагается обобщенная зависимость вида:

$$T_{П} = a_{Т1} T_B + b_{Т1}, \quad (9)$$

где  $a_{Т1}$  и  $b_{Т1}$  – коэффициенты уравнения регрессии.

Продольная твердость  $T_{П}$  зависит от глубины пахотного слоя  $h$ . Нами, по результатам опытов, установлена зависимость между ними на разных типах почв, которая описывается обобщенной кривой:

$$T_{П} = a_{Тп} h^2 + b_{Тп} h + c_{Тп}, \quad (10)$$

где  $a_{Тп}$ ,  $b_{Тп}$  и  $c_{Тп}$  – коэффициенты уравнения регрессии.

Задаваясь значением  $P_{крн}$ , определяются теоретическая скорость  $V_T$  и конструктивная ширина захвата  $B_k$ .

Удельный расход топлива на единицу теоретической производительности  $q$  равен:

$$q = G/W, \quad (11)$$

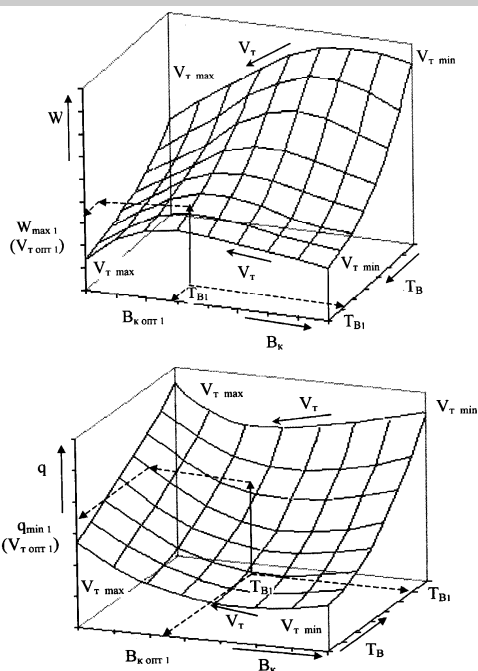


Рисунок 1 – Потенциальная эксплуатационная характеристика пахотного агрегата

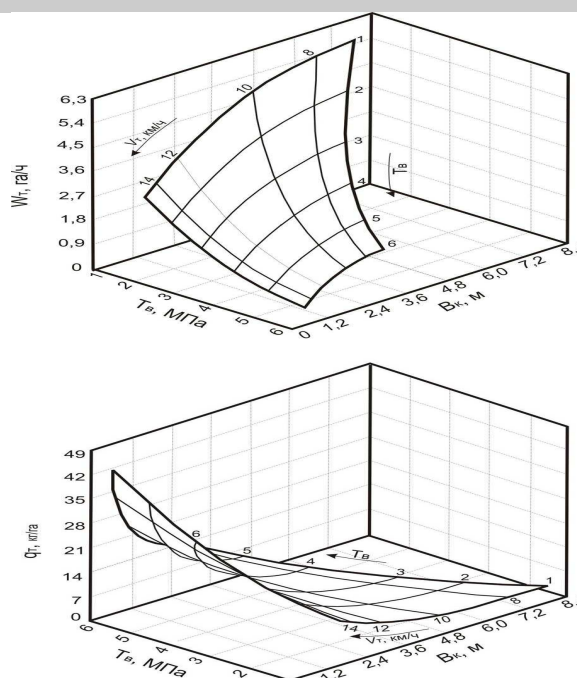


Рисунок 2 – ПЭХ пахотного агрегата на базе трактора К-424

Таблица – Параметры работы трактора К-424 с серийными плугами

Марка плуга	Конструктивная ширина захвата $B_k$ , м	Твердость $T_B$ , МПа	Производительность $W$ , га/ч	Удельный расход топлива $q$ , кг/га	Теоретическая скорость движения $V_T$ , км/ч		
ПЛН-4-35	1,40	1	2,17	13,96	14,87		
		2	2,08	14,49	14,27		
		3	1,97	15,25	13,05		
		4	1,85	16,36	11,98		
		5	1,72	17,89	11,69		
		6	1,59	19,37	10,81		
ПЛН-5-35	1,75	1	2,58	11,81	14,25		
		2	2,46	12,42	13,57		
		3	2,32	13,31	12,67		
		ПНИ-5-40	min 1,75	4	2,13	14,46	11,68
				5	1,95	15,83	10,68
				6	1,79	17,39	9,74
	max 2,25	1	3,09	9,73	13,43		
		2	2,92	10,35	12,65		
		3	2,69	11,26	11,64		
		4	2,45	12,47	10,53		
		5	2,18	14,01	9,44		
		6	1,97	15,76	8,39		
ППЛ-6-35	2,10	1	2,95	10,25	13,57		
		2	2,79	10,86	12,92		
		3	2,59	11,77	11,93		
		4	2,36	13,01	10,86		
		5	2,14	14,55	9,79		
		6	1,92	16,08	8,78		
ППИ-6-40	min 1,40	1	2,17	14,16	14,87		
		2	2,08	14,39	14,27		
		3	1,97	15,65	12,99		
		4	1,85	16,76	11,98		
		5	1,72	18,09	11,69		
		6	1,55	19,57	10,79		
	max 2,40	1	3,25	9,28	13,18		
		2	3,05	10,05	12,39		
		3	2,79	10,82	11,35		
		4	2,53	12,05	10,22		
		5	2,26	13,56	9,09		
		6	1,98	15,39	7,98		

где  $G$  – часовой расход топлива при номинальной мощности двигателя трактора, кг/га.

**Анализ и обсуждение результатов исследования.** По вышеуказанным зависимостям (1...11) для определения  $W$  и удельного расхода топлива  $q$  можно строить графики функционирования пахотного агрегата в трехмерном пространстве в общем виде. Графики представляют ПЭХ и выражают взаимосвязь между твердостью почвы  $T_B$ , шириной захвата  $B_k$ , скоростью движения  $V_T$ , теоретической производительностью  $W$  и удельным расходом топлива  $q$  при  $h=0,22$  м. Данные ПЭХ получены с помощью специально разработанной программы оптимизации параметров и режимов работы [6,7].

Как видно из рисунка 1, для каждой заданной величины твердости почвы  $T_B$  имеются максимальное значение производительности  $W_{max}$  и соответствующий ей минимальный удельный расход топлива  $q_{min}$ , по которым устанавливаются оптимальные значения ширины захвата  $B_{p\text{ опт}}$  и скорости движения  $V_{p\text{ опт}}$  агрегата. Для получения максимальной производительности  $W_{max}$  при различных значениях  $T_B$  необходима разная ширина захвата агрегата  $B_k$ , т.е. для одного и того же машинно-тракторного агрегата при изменении твердости почвы или глубины обработки необходимо изменять ширину захвата орудия в значительных пределах при соблюдении постоянной скорости движения [8, 9].

Потенциальная эксплуатационная характеристика пахотного агрегата на базе трактора К-424, представлена на рисунке 2.

Потенциальная эксплуатационная характеристика пахотного агрегата с трактором К-424, показывает, что по сравнению с другими тракторами 3,0 тягового класса [10] имеет ши-

рокий диапазон изменения ширины захвата  $B_k$ . Ширина захвата  $B_k$  изменяется от 0,51 м до 7,82 м, которым соответствует изменение твердости почвы от 6 МПа до 1 МПа. При этих значениях производительность составит 0,71 и 5,89 га/ч, а удельный расход топлива 41,56 и 5,1 кг/га. Максимальная производительность  $W$  и минимальное значение удельного расхода топлива  $q$  достигаются при скорости движения  $V_T=7,22$  км/ч. Параметры работы трактора К-424 с серийными плугами приведены в таблице.

Из таблицы видно, что трактор К-424 может работать с существующими плугами во всем диапазоне изменения твердости почвы  $T_B$  от 1 до 6 МПа. Из всех приведенных марок плугов наиболее рациональные параметры пахотного агрегата в составе К-424 наблюдаются с плугами с изменяемой шириной захвата. Так, с этими орудиями агрегат достигнет максимальной производительности 3,25 га/ч и минимальный удельный расход топлива равный 9,28 кг/га при твердости почвы 1 МПа и, соответственно, при твердости почвы 6 МПа максимальная производительность агрегата будет 1,98 га/ч при минимальном расходе топлива 15,39 кг/га.

**Выводы.** Анализ проведенных исследований показывает, что своевременный выбор оптимальной ширины захвата и оптимальной скорости движения агрегата, в зависимости от различных условий работы и параметров участка в изолиниях твердости почвы, позволяет достичь максимальной производительности и минимального расхода топлива, в результате чего агрегат адаптируется к условиям функционирования и повышается эффективность его работы.

#### Литература

1. <https://tractorreview.ru/traktora/kolesnyie-traktora/ptz/kirovets-k-424-tehnicheskie-harakteristiki.html>
2. Мардарьев С.Н. Повышение эффективности работы плугов для отвальной вспашки путем адаптации их параметров к изменяющимся условиям функционирования: дис. на соиск. уч. степени канд. техн. наук / Чуваш. гос. сельск. хозяйст. академия. – Чебоксары, 2002 - 154 с.
3. Мишин П.В. Повышение эффективности использования пахотных агрегатов путем адаптации их параметров к условиям работы /П.В. Мишин, С.Н. Мардарьев, В.Х. Хузин // В сборнике: Экология и сельскохозяйственная техника. Материалы 3-й Научно-практической конференции. - Санкт-Петербург-Пушкин, 2002.- С. 89-94.
4. Петров П.К. Энергосбережение механизированных технологических процессов растениеводства /В.Г. Степанов, П.К. Петров, Ф.В. Капитонов, С.Н. Мардарьев // Продовольственная безопасность и устойчивое развитие АПК. Материалы Международной научно-практической конференции. – Чебоксары, 2015 - С. 636-641.
5. Мишин П.В. Повышение эффективности работы почвообрабатывающих агрегатов путем их адаптации к условиям функционирования: Дис. на соискание ученой степени доктора технических наук / Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. - Санкт-Петербург, 2001.
6. Свидетельство Роспатента об официальной регистрации программы для ЭВМ 20016102006 Р.Ф. Оптимизация параметров и режимов работы почвообрабатывающих агрегатов / Мишин П.В., Хузин В.Х., Мардарьев С.Н. и др. – Опубл. 26.02.2001.
7. Михайлов А.Н. К вопросу энергетической оценки механического воздействия на почву ротационных почвообрабатывающих орудий / А.Н. Михайлов, И.И. Максимов, С.Н. Мардарьев // Научно-

образовательная среда как основа развития агропромышленного комплекса и социальной инфраструктуры села. Материалы международной научно-практической конференции (посвященной 85-летию ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА). - Чебоксары: ФГБОУ ВО "Чувашская государственная сельскохозяйственная академия", 2016. - С. 450-453.

8. Петров П.К. Оптимальные параметры и режимы работы энергоёмких почвообрабатывающих агрегатов в условиях адаптивного земледелия / П.К. Петров, С.Н. Мардарьев // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы. Сборник научных трудов международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Ф. Х. Бурмжулова. Институт механики и энергетики.- Саранск, 2016. - С. 355-360.

9. Мардарьев С.Н. Модель функционирования машинно-тракторного агрегата и программы для расчета его оценочных показателей / С.Н. Мардарьев, А.Н. Михайлов, П.К. Петров, Д.С. Митягин, А.Н. Юнкеров // АгроЭкоИнфо.- Москва, 2017. - № 2 (28). - С. 12.

10. Мардарьев С.Н. Основные параметры работы пахотных агрегатов на базе тракторов Т-150 и Т-150 К в условиях адаптивно-ландшафтного земледелия / С.Н. Мардарьев // Актуальные направления технологического, экономического и экологического развития сельского хозяйства. – Екатеринбург, 2017. - С.79-84.

**Сведения об авторах:**

Мардарьев Сергей Николаевич – кандидат технических наук, доцент, e-mail: s-mard@mail.ru  
 Акимов Александр Петрович – доктор технических наук, профессор, e-mail: akimov\_mechfak@mail.ru  
 Медведев Владимир Иванович – доктор технических наук, профессор, e-mail: kurmyshova\_olga@mail.ru  
 Зайцев Петр Владимирович – доктор технических наук, профессор, e-mail: zaycevpet@mail.ru.  
 Казаков Юрий Федорович – доктор технических наук, доцент, e-mail: ura.kazakov@mail.ru  
 ФГБОУ ВО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары, Россия  
 Юнусов Губейдулла Сибятуллоевич – доктор технических наук, профессор, e-mail: kafmeh@yandex.ru  
 ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет», г. Йошкар-Ола, Россия  
 Ларкин Сергей Владимирович – кандидат технических наук, доцент, e-mail: sv\_larkin@mail.ru  
 ФГБОУ ВО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары, Россия

**MAIN PARAMETERS OF TRACTOR K-424 (KIRYUSHA) WORK IN THE COMPOSITION OF THE APERRY UNIT IN THE CONDITIONS OF ADAPTIVE LANDSCAPE AGRICULTURE**

**Mardarev S.N., Akimov A.P., Medvedev V.I., Zaytsev P.V., Kazakov Yu.F., Yunusov G.S., Larkin S.V.**

**Abstract.** A method for calculating the optimal parameters of soil-processing aggregates is proposed. In particular, the optimal parameters for the operation of the new K-424 Kiryusha Russian tractor in adaptive landscape farming are given. As is known, when studying the methods of increasing the efficiency of arable aggregates, it is necessary to consider the soil as an object of machining, which is characterized by hardness, mechanical composition, specific resistance, stickiness, plasticity, humidity, resistance to various deformations, coefficients of external and internal friction, stony, etc. Many researchers found that one of the main factors affecting the technological process of soil cultivation is its hardness. The spatial variability of the soil hardness of the field can be represented in the form of statistical characteristics or by mapping in isolines. The method of representing the spatial variability of the soil hardness of the field by the statistical method consists in establishing the hardness of the soil as a random variable. This method has a number of drawbacks, since it is required to repeatedly measure the studied quantities at the same points of the field, which is not always possible. Therefore, it is expedient to present the spatial variability of the soil hardness of the field in the form of maps containing isolines of soil hardness. Thus, the analysis of research on the operation of arable aggregates has shown that the most general relationship between performance indicators and operating conditions is manifested in their potential performance characteristics (PPC). The PPC combines the potential traction and performance characteristics of tractors and, in relation to the unit, represent the curves of changes in productivity and specific fuel consumption, depending on the individual parameters of its operation.

**Key words:** soil hardness, functioning model of machine-tractor unit, potential performance characteristic, productivity, specific energy consumption.

**References**

1. <https://tractorreview.ru/traktora/kolesnyie-traktora/ptz/kirovets-k-424-tehnicheskie-harakteristiki.html>
2. Mardarev S.N. *Povyshenie effektivnosti raboty plugov dlya otvalnoy vspashki putem adaptatsii ikh parametrov k izmenyayushchimsya usloviyam funktsionirovaniya: dis. na sois. uch. stepeni kand. tekhn. Nauk.* (Increasing the efficiency of plows for dumping plowing by adapting their parameters to changing operating conditions: dissertation for a degree of Ph.D. of Technical Sciences). / Chuvash. gos. selsk. khozyayst. akademiya. – Cheboksary, 2002 – P. 154.
3. Mishin P.V. *Povyshenie effektivnosti ispolzovaniya pakhotnykh agregatov putem adaptatsii ikh parametrov k usloviyam raboty.* // V sbornike: *Ekologiya i selskokhozyaystvennaya tekhnika. Materialy 3-ey Nauchno-prakticheskoy konferentsii.* (Increasing the efficiency of the use of arable aggregates by adapting their parameters to the operating conditions. / P.V. Mishin, S.N. Mardarev, V.Kh. Khuzin // In the collection: Ecology and agricultural machinery. Proceedings of the 3<sup>rd</sup> scientific and practical conference). - Sankt-Peterburg-Pushkin, 2002. - P. 89-94.
4. Petrov P.K. *Energoberezhenie mekhanizirovannykh tekhnologicheskikh protsessov rastenievodstva.* // V sbornike: *Prodovolstvennaya bezopasnost i ustoychivoe razvitiye APK. Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii.* (Energy saving of mechanized technological processes of plant growing. / V.G. Stepanov, P.K. Petrov, F.V. Kapitonov, S.N. Mardarev // In the collection: Food security and sustainable development of agro-industrial complex. Proceedings of International Scientific and Practical Conference). – Cheboksary, 2015 - P. 636-641.
5. Mishin P.V. *Povyshenie effektivnosti raboty pochvoobrabatyvayushchikh agregatov putem ikh adaptatsii k usloviyam funktsionirovaniya. Dissertatsiya na soiskanie uchenoy stepeni doktora tekhnicheskikh nauk.* (Increase of the efficiency of the soil-cultivating units by their adaptation to the conditions of functioning. Thesis for the degree of Doctor of Technical

Sciences). / Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet. - Sankt-Peterburg, - 2001.

6. *Svidetelstvo Rospatenta ob ofitsialnoy registratsii programmy dlya EVM 20016102006 R.F. Optimizatsiya parametrov i rezhimov raboty pochvoobrabatyvayuschikh agregatov.* (Evidence of Rospatent on the official registration of the computer program 20016102006 R.F. Optimization of parameters and operating modes of soil cultivating units). / Mishin P.V., Khuzin V.Kh., Mardarev S.N. and others. – Publ. 26.02.2001.

7. Mikhaylov A.N. *K voprosu energeticheskoy otsenki mekhanicheskogo vozdeystviya na pochvu rotatsionnykh pochvoobrabatyvayuschikh orudiy.* // V sbornike: *Nauchno-obrazovatel'naya sreda kak osnova razvitiya agropromyshlennogo kompleksa i sotsialnoy infrastruktury sela. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (posvyaschennoy 85-letiyu FGBOU VO Chuvashskaya GSKhA).* (On the issue of the energy evaluation of the mechanical effect on soil of rotary tillage tools. / A.N. Mikhaylov, I.I. Maksimov, S.N. Mardarev // In the collection: The scientific and educational environment as the basis for the development of the agro-industrial complex and the social infrastructure of the village. Proceedings of international scientific and practical conference (devoted to the 85<sup>th</sup> anniversary of Chuvash State Agricultural Academy). - FGBOU VO "Chuvashskaya gosudarstvennaya selskokhozyaystvennaya akademiya", 2016. - P. 450-453.

8. Petrov P.K. *Optimalnye parametry i rezhimy raboty energoyemkikh pochvoobrabatyvayuschikh agregatov v usloviyakh adaptivnogo zemledeliya.* // V sbornike: *Energoeffektivnye i resursosberegayushchie tekhnologii i sistemy. Cbormik nauchnykh trudov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyaschennoy pamyati doktora tekhnicheskikh nauk, professora F. Kh. Burumkulova.* (Optimal parameters and operation modes of energy-intensive tillage units under adaptive farming conditions. / P.K. Petrov, S.N. Mardarev // In the collection: Energy-efficient and resource-saving technologies and systems. Collection of scientific works of international scientific and practical conference, dedicated to the memory of Doctor of Technical Sciences, Professor F. Kh. Burumkulov). Institut mekhaniki i energetiki.- Saransk, 2016. - P. 355-360.

9. Mardarev S.N. The model of the functioning of the machine-tractor unit and the program for calculating its estimated indicators. [Model funktsionirovaniya mashinno-traktornogo agregata i programmy dlya rascheta ego otsenochnykh pokazateley]. / S.N. Mardarev, A.N. Mikhaylov, P.K. Petrov, D.S. Mityagin, A.N. Yunkerov // *AgroEkoInfo.* – *AgroEkoInfo.* Moskva, 2017. - № 2 (28). - P. 12.

10. Mardarev S.N. *Osnovnye parametry raboty pakhotnykh agregatov na baze traktorov T-150 i T-150 K v usloviyakh adaptivno-landshaftnogo zemledeliya.* // V sb: *Aktualnye napravleniya tekhnologicheskogo, ekonomicheskogo i ekologicheskogo razvitiya selskogo khozyaystva.* (The main parameters of the operation of arable units, based on tractors T-150 and T-150 K in conditions of adaptive-landscape agriculture. / S.N. Mardarev // In the collection: Actual directions of technological, economic and ecological development of agriculture). – Ekaterinburg, 2017. - P. 79-84.

**Authors:**

Mardarev Sergey Nikolaevich – Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: s-mard@mail.ru

Akimov Aleksandr Petrovich – Doctor of Technical sciences, Professor, e-mail: akimov\_mechfak@mail.ru

Medvedev Vladimir Ivanovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: kurmyshova\_olga@mail.ru

Zaytsev Petr Vladimirovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: zaycevp@mail.ru.

Kazakov Yuri Fedorovich – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: ura.kazakov@mail.ru

Yunusov Gubeydulla Sibiatulloevich – Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: kafmeh@yandex.ru

Mari State University, 15 Mashinostroiteley Street, Yoshkar-Ola, Russia

Larkin Sergey Vladimirovich – Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: sv\_larkin@mail.ru

Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary, Russia.